

Elżbieta Starzycka¹, Michał Starzycki¹, Magdalena Kauzik¹,
Henryk Woś², Henryk Cichy², Grzegorz Budzianowski²

¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

² Spółka Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o.

Ocena odporności rzepaku ozimego na porażenie przez *Leptosphaeria* spp. i *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary w doświadczeniach przeprowadzonych w Małyszynie i Borowie, w latach 2007–2009

Evaluation of winter rape resistance
to *Leptosphaeria* spp. and *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary
in trials conducted in Małyszyn and Borowo in 2007–2009

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, odmiany, odporność, *Leptosphaeria* spp., sucha zgnilizna kapustnych
Sclerotinia sclerotiorum, zgnilizna twardzikowa

W pracy przedstawiono dwuletnie wyniki badań odporności odmian rzepaku ozimego na porażenie powodowane przez *Leptosphaeria* spp. i *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Ocena przeprowadzono w Małyszynie (woj. lubuskie) i Borowie (woj. wielkopolskie) w latach 2007–2009. W przypadku patogena powodującego zgniliznę twardzikową, inokulację roślin wykonywano w fazie pełnego kwitnienia rzepaku przy pomocy średnio agresywnego patotypu Ss-3. Dla oceny *Leptosphaeria* spp. wykorzystano naturalnie występujące infekcje. Bonitację odporności dla obu chorób przeprowadzono w trójstopniowej skali. Analiza statystyczna wykazała, że w badanym okresie najbardziej odporne na suchą zgniliznę roślin kapustnych były odmiany: Livius, Viking oraz Extend (indeks porażenia IP = 0,20). Niskim stopniem porażenia (IP = 0,55–0,62) przez *S. sclerotiorum* charakteryzowały się odmiany: Taurus, Libomir, Toccata, Hycolor oraz Vectra.

Dodatkowo przeprowadzone badania interakcji sezonu wegetacyjnego z odmianą wykazały, że w sezonie 2007/2008 rośliny rzepaku były mniej narażone na porażenie przez patogeny pochodzenia grzybowego niż w 2008/2009. Z kolei warunki środowiska w Borowie były korzystniejsze dla rozwoju *Leptosphaeria* spp., a tym samym silniejszego porażenia rzepaku.

Key words: winter rapeseed, cultivars, resistance, *Leptosphaeria* spp., blackleg, *Sclerotinia sclerotiorum*, stem rot

Two-year are presented in this paper results of resistance evaluation of rapeseed cultivars to blackleg and stem rot. The research was conducted in field conditions in Małyszyn and in Borowo in 2007–2009. Artificial infection with *S. sclerotiorum* was performed at full flowering stage by mid aggressive pathotype Ss-3. Natural infections by *Leptosphaeria* spp. were used to evaluate resistance

levels. The results of infection by *Leptosphaeria* spp. and *S. sclerotiorum* were estimated with the use of three-class scale (0 — resistant, 1 — medium resistant, 2 — not resistant).

Statistic analysis revealed that the most resistant cultivars of oilseed rape to blackleg were Livius, Viking and Extend (infection to the level 0.20). The lowest pathogenity indexes (IP = 0.55–0.62) to stem rot were found for Taurus, Libomir, Toccata, Hycolor and Vectra cultivars.

Interaction between the growing seasons and cultivars showed that the infection caused by *Leptosphaeria* spp. and *S. sclerotiorum* was smaller in 2007/2008 than in the next season 2008/2009. Biotic and abiotic conditions in Borowo were more favourable for infection by blackleg than in Małyszyn.

Wstęp

Do najgroźniejszych patogenów rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) należą: *Leptosphaeria* spp. (*L. maculans* i *L. biglobosa*) powodująca suchą zgniliznę roślin kapustnych oraz *Sclerotinia sclerotiorum* wywołująca zgniliznę twardzikową. Obie choroby corocznie przyczyniają się do znacznej straty plonu nasion (Starzycki i in. 2003, Gwiazdowski 2004, Gwiazdowski i Korbas 2005), a także pogarszają jego jakość.

Objawy porażenia przez *Leptosphaeria* spp. można obserwować w całym okresie wegetacyjnym rzepaku, od jesieni do lata, w postaci charakterystycznych żółto-szarych plam z piknidiami na liściach i łodygach, w których znajdują się zarodniki konidialne. W późniejszych fazach rozwoju rzepaku na łodygach pojawiają się pseudotecja z zarodnikami workowymi, stanowiącymi pierwotne źródło infekcji.

Patogen *S. sclerotiorum* najczęściej pojawia się w okresie kwitnienia rzepaku i objawia się w postaci jasnych plam na łodygach z nalotem białej grzybni. W środku zainfekowanej łodygi *B. napus* tworzą się sklerocja będące formą przetrwalnikową grzyba. Rozwojowi choroby sprzyja wilgotna pogoda i płatki korony opadające na liście rzepaku lub nasady liści, gdzie tworzy się sprzyjające środowisko dla rozwoju patogena. Przy dużym nasileniu choroby rośliny zamierają.

W hodowli odpornościowej bardzo ważny jest dobór odpowiednich metod zakażenia roślin w celu oceny ich odporności. Corocznie koncentracja zarodników *Leptosphaeria* spp. na polach produkcyjnych jest wysoka, jednak odmiany rzepaku są porażane w różnym stopniu. W celu sprawdzenia odporności rzepaku na tego patogena często stosuje się specjalnie przygotowane pola infekcyjne dla wykazania zróżnicowania odporności odmian (Weber i in. 1993). Natomiast w przypadku *S. sclerotiorum* odporność rzepaku lub jej brak stwierdza się na podstawie sztucznego zakażenia i obserwacji plam infekcyjnych na łodygach, wywołanych przez strzępki grzyba. Najczęściej do inokulacji stosuje się przerośnięte grzybnią ziarniaki zbóż (Starzycka i Starzycki 1997, Jędrzycka i in. 1999). Inną metodą jest obserwacja zamierania blaszki liściowej pod wpływem wydzielanego kwasu szczawowego — miktotoksyny wytwarzanej przez *S. sclerotiorum* (Freysient i in. 1995) lub też umieszczanie sklerocjów do gleby na początku kwitnienia roślin

(Pierre i in. 1990). Bardzo ważna dla hodowli odpornościowej jest również znajomość polimorfizmu patogena. W przypadku *Leptosphaeria* spp. zostały wyróżnione gatunki: *L. maculans* i *L. biglobosa*, różniące się chorobotwórczością wobec rzepaku oraz wielkością i zabarwieniem kolonii tworzonych na pożywkach agarowych, stopniem zarodnikowania, a także zdolnością do wytwarzania fitotoksyn z grupy sirodesmin (McGee i Petrie 1978, Koch i in. 1989, Johnson i Lewis 1990, Kachlicki 2004). Różnorodność patotypów *S. sclerotiorum* wyraża się zdolnością do szybkiego wytwarzania kwasu szczawiowego oraz dynamicznego przerastania tkanki roślinnej i pożywek syntetycznych, a także zdolnością tworzenia apotecjów.

W pracy przedstawiono wyniki dwuletnich badań nad odpornością wybranych odmian rzepaku ozimego na *Leptosphaeria* spp. i *S. sclerotiorum* ocenianych w doświadczeniach PDO (Porejestrze Doświadczalnictwo Odmianowe), które były zlokalizowane w Małyszynie i Borowie.

Materiały i metody

W latach 2008 i 2009 oceniono stopień odporności 33 odmian rzepaku ozimego na suchą zgniliznę kapustnych i zgniliznę twardzikową. Badania przeprowadzono na polach Spółki Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. w Małyszynie (woj. lubuskie) i Borowie (woj. wielkopolskie). Wykorzystano w tym celu doświadczenia PDO założone metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, na glebach lekkich pseudobielicowych z gliny zwałowej, kompleksu żyniego dobrego w Małyszynie oraz na glebie brunatnej kompleksu pszennego dobrego w Borowie. Poletka doświadczalne miały powierzchnię 11,2 m².

W badanych sezonach wegetacyjnych pogoda w obu miejscowościach kształtowała się podobnie. Początek okresu wegetacyjnego 2007/2008 i 2008/2009 w Małyszynie i Borowie był sprzyjający dla wzrostu rzepaku, zarówno pod względem temperaturowym, jak i wilgotnościowym. Po cieplej i mokrej zimie, wiosna 2008 charakteryzowała się wysokimi temperaturami i obfitymi opadami w kwietniu. Natomiast kolejne miesiące były bardzo suche, co miało wpływ na słabszy rozwój rzepaku. Wiosna 2009 była ciepła, z bardzo suchym kwietniem. Z kolei w następnych miesiącach występowały bardzo obfite opady. Warunki meteorologiczne w Małyszynie i Borowie, w obu sezonach wegetacyjnych, zostały przedstawione w tabeli 1.

Sztuczne zakażenie roślin grzybem *S. sclerotiorum* odbywało się w fazie pełnego kwitnienia. W tym celu użyto ziarniaków żyta przerośniętych grzybnia izolatu Ss-3 o znanej patogeniczności. Patotyp ten został przebadany pod względem zdolności do wytwarzania kwasu szczawiowego oraz czystości gatunkowej przy pomocy ITS-1 (internal transcribed spacer — wewnętrzne sekwencje transkrybowane) (dane nie opublikowane). Rzepak w czterech powtórzeniach inokulowano

Tabela 1

Temperatury i opady w sezonach wegetacyjnych 2007–2009 w Małyszynie i Borowie
Temperature and precipitation in growing seasons 2007–2009 in Małyszyn and Borowo

Miesiąc Month	Małyszyn				Borowo			
	temperatura temperature		opady precipitation		temperatura temperature		opady precipitation	
	średnio mean [°C]	wielolecie many year data [°C]	suma opadów sum [mm]	wielolecie many year data [mm]	średnio mean [°C]	wielolecie many year data [°C]	suma opadów sum [mm]	wielolecie many year data [mm]
2007								
VII	19	18,2	96,4	76,9	19	18,2	57,6	76,9
VIII	19	17,7	49,4	63,7	18	17,7	73,2	63,7
IX	13	13,4	56,8	47,7	13	13,4	27,0	47,7
X	8	8,7	8,8	32,3	8	8,7	14,6	32,3
XI	3	3,7	40,8	42,8	3	3,7	30,2	42,8
XII	2	0,4	38,0	42,1	1	0,4	29,4	42,1
2008								
I	3	-1,1	76,2	28,6	2	-1,1	67,8	28,6
II	4	-0,4	23,2	28,7	4	-0,4	21,0	28,7
III	4	3,4	59,4	29,5	4	3,4	30,2	29,5
IV	9	7,5	88,4	31,2	9	7,5	56,0	31,2
V	15	13,1	7,8	47,4	14	13,1	18,0	47,4
VI	18	16,2	32,0	62,8	19	16,2	11,0	62,8
VII	20	18,2	32,8	76,9	20	18,2	47,4	76,9
VIII	18	17,7	70,0	63,7	18	17,7	108,6	63,7
IX	13	13,4	50,8	47,7	13	13,4	16,8	47,7
X	9	8,7	54,4	32,3	9	8,7	66,4	32,3
XI	5	3,7	49,2	42,8	5	3,7	12,6	42,8
XII	1	0,4	42,2	42,1	1	0,4	18,6	42,1
2009								
I	-2	-1,1	12,4	28,6	-3	-1,1	12,4	28,6
II	0	-0,4	46,6	28,7	0	-0,4	31,8	28,7
III	4	3,4	49,6	29,5	4	3,4	33,2	29,5
IV	13	7,5	5,8	31,2	12	7,5	15,8	31,2
V	14	13,1	83,6	47,4	13	13,1	70,2	47,4
VI	15	16,2	81,8	62,8	16	16,2	72,6	62,8
VII	19	18,2	90,8	76,9	19	18,2	54,0	76,9

metodą opracowaną w Pracowni Metod Hodowli Odpornościowej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Poznaniu. Przed zbiorem te same obiekty oceniono także na porażenie przez *Leptosphaeria* spp. Bonitację odporności na obie choroby przeprowadzono w trójstopniowej skali: 0 — brak porażenia, 1 — średnie porażenie, 2 — silne porażenie. Do obliczeń stosowano indeks porażenia (IP) wg Zamorskiego (1984), a otrzymane wyniki opracowano statystycznie przeprowadzając analizę wariancji, istotność różnic oceniono przy pomocy testu Duncana na poziomie $\alpha = 0,01$.

Wyniki

Na podstawie obserwacji i wykonanej dla nich analizy wariancji oraz testu Duncana wyodrębniono najodporniejsze na badane choroby odmiany rzepaku ozimego, które zostały uszeregowane w grupy jednorodne przy $NIR_{0,01} = 0,0409$ dla *Leptosphaeria* spp. oraz przy $NIR_{0,01} = 0,0647$ dla *S. sclerotiorum*. Przeanalizowano również wpływ danego sezonu wegetacyjnego na poziom odporności badanych odmian, a także wpływ miejsca uprawy na zdrowotność obiektów.

Przeprowadzona analiza wariancji na porażenie przez *Leptosphaeria* spp. (tab. 2) wykazała, że wszystkie brane do obliczeń źródła zmienności (sezon wegetacyjny, środowisko, odmiany) i ich interakcje były wysoce istotne. Z punktu widzenia hodowli odpornościowej rzepaku jest to niekorzystne zjawisko, gdyż utrudnia to wybór odpornych genotypów.

W badaniach porażenia przez *S. sclerotiorum* analiza wariancji (tab. 2) wykazała, iż interakcja „sezon wegetacyjny \times środowisko” okazała się nieistotna statystycznie. Pomimo, że brane pod uwagę lata były statystycznie istotnie zróżnicowane pod względem porażenia na *S. sclerotiorum*, to nie miały one wpływu na wynik rozpatrywanej interakcji. Jest to wynikiem celowej sztucznej inokulacji rzepaku patogenem. Interakcja „sezon wegetacyjny \times odmiana” oraz „środowisko \times odmiana” były silnie zróżnicowane, jednocześnie utrudniając selekcję odpornych odmian rzepaku.

Tabela 2

Analiza wariancji dotycząca porażenia rzepaku przez *Leptosphaeria* spp. oraz *S. sclerotiorum*
Analysis of variance concerning oilseed rape infection by Leptosphaeria spp. and S. sclerotiorum

Źródło zmienności <i>Source of variability</i>	Stopnie swobody <i>Degrees of freedom</i>	Suma kwadratów <i>Sum of squares</i>	Średnia kwadratów <i>Mean square</i>	Wartość $F_{0,01}$ <i>Value $F_{0.01}$</i>
<i>Leptosphaeria</i> spp.				
Sezon wegetacyjny <i>Growing season</i>	1	0,13	0,13100	9,16**
Środowisko — <i>Environment</i>	1	0,34	0,34200	23,90**
Sezon wegetacyjny × środowisko <i>Growing season × environment</i>	1	1,32	1,31600	91,92**
Błąd I — <i>Error I</i>	12	0,17	0,01417	
Odmiana — <i>Cultivar</i>	32	0,93	0,02906	12,06**
Sezon wegetacyjny × odmiana <i>Growing season × cultivar</i>	32	0,35	0,01094	4,52**
Środowisko × odmiana <i>Environment × cultivar</i>	32	0,33	0,01031	4,31**
Sezon wegetacyjny × środowisko × odmiana <i>Growing season × environment × cultivar</i>	32	0,39	0,01219	5,04**
Błąd II × <i>Error II</i>	384	0,93	0,00242	
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>				
Sezon wegetacyjny <i>Growing season</i>	1	0,25	0,24600	9,19**
Środowisko — <i>Environment</i>	1	0,02	0,01700	0,64
Sezon wegetacyjny × środowisko <i>Growing season × environment</i>	1	0,07	0,07300	2,72
Błąd I — <i>Error I</i>	12	0,32	0,02667	
Odmiana — <i>Cultivar</i>	32	4,49	0,14031	29,54**
Sezon wegetacyjny × odmiana <i>Growing season × cultivar</i>	32	3,11	0,09719	20,43**
Środowisko × odmiana <i>Environment × cultivar</i>	32	2,90	0,09062	19,08**
Sezon wegetacyjny × środowisko × odmiana <i>Growing season × environment × cultivar</i>	32	2,97	0,09281	19,53**
Błąd II × <i>Error II</i>	384	1,82	0,00522	

Najodporniejsze na *Leptosphaeria* spp. w danym okresie, tak w Małyszynie, jak i w Borowie, okazały się odmiany Livius, Viking oraz Extend. Ich średni indeks porażenia nie przekraczał $IP = 0,21$. Niskim poziomem odporności na tego patogena charakteryzowały się natomiast odmiany Baros, Nelson i Kaszub, które były porażane w 34–38% (tab. 3).

Porażenia powodowane przez *S. sclerotiorum* były znacznie silniejsze. W tym przypadku wyższą odpornością na zgniliznę twardzikową charakteryzowały się odmiany Taurus, Libomir, Toccata, Hycolor oraz Vectra, dla których indeks porażenia wynosił 0,55–0,62. Bardzo silnie infekowane przez tego patogena były odmiany: Baros, Cabriolet, Californium, Casoar i Lisek ($IP = 0,85–0,91$) (tab. 4).

Analiza interakcji „sezon wegetacyjny i odmiany” wykazała, że niższy indeks porażenia, zarówno na suchą zgniliznę kapustnych, jak i na zgniliznę twardzikową, odnotowano w sezonie 2007/2008. Odmiany Extend, Livius, Viking i Libomir były odporne na *Leptosphaeria* spp., a Taurus, Brise, Hycolor, Libomir i Cadeli — na *S. sclerotiorum*. Można wnioskować, że w sezonie wegetacyjnym 2007/2008 rośliny rzepaku były mniej narażone na porażenie przez najgroźniejsze patogeny niż w kolejnym roku. Równocześnie nie stwierdzono podwyższonej odporności u tych samych odmian w obu rozpatrywanych latach. Wyniki zostały przedstawione w tabelach 3 i 4.

Przeanalizowano także wpływ środowiska na porażenie odmian (tab. 5 i 6). Najmniej porażone przez *Leptosphaeria* spp. były odmiany badane w Małyszynie: Extend, Livius, Viking, Baldur, Dante, NK Fundus oraz Digger. Najsilniej porażane okazały się odmiany oceniane w Borowie: Baros, Vectra, Nelson, ES Saphir oraz Kaszub. Na podstawie otrzymanych wyników można przypuszczać, że w Borowie w latach 2007–2009 zaistniały korzystne warunki do rozwoju omawianego patogena i infekowania roślin. Rozpatrując stopień porażenia przez *S. sclerotiorum* w poszczególnych środowiskach stwierdzono, że najodporniejszymi odmianami były: Brise, Libomir, Toccata — badane w Małyszynie oraz Cadeli w Borowie. Tylko odmiana Taurus, zarówno w Małyszynie, jak i w Borowie, była porażana na tym samym niskim poziomie ($IP = 0,55$).

Tabela 3

Indeks porażenia (IP) odmian rzepaku przez *Leptosphaeria* spp. w doświadczeniach PDO w latach 2008 i 2009 — *Pathogenity index (IP) of winter rapeseed cultivars by Leptosphaeria spp. infection in PDO trials in 2008 and 2009*

Odmiany Cultivars	<i>Leptosphaeria</i> spp.		
	IP 2008	IP 2009	Średnie IP uszeregowane wg testu Duncana <i>IP means ranked according to Duncan test</i>
Livius	0,15	0,25	0,20 K
Viking	0,17	0,23	0,20 JK
Extend F1	0,15	0,27	0,21 IJK
NK Fundus F1	0,21	0,25	0,23 HIJK
Digger	0,22	0,24	0,23 HIJK
Libomir	0,20	0,27	0,24 GHIJK
Remy	0,23	0,24	0,24 GHIJK
Dante	0,22	0,28	0,25 FGHI
Californium	0,23	0,27	0,25 FGHI
Carousel	0,23	0,27	0,25 FGHI
Baldur F1	0,23	0,26	0,25 FGHIJ
Wallery	0,27	0,25	0,26 DEFGH
Taurus F1	0,22	0,30	0,26 EFGH
Cabriolet	0,24	0,30	0,27 CDEFGH
Casor	0,29	0,25	0,27 CDEFGH
Cadeli	0,27	0,29	0,28 CDEFG
Lisek	0,27	0,29	0,28 CDEFGH
Hycolor	0,23	0,32	0,28 CDEFGH
Titan F1	0,25	0,33	0,29 CDEF
Bazył	0,27	0,31	0,29 CDEF
Herkules F1	0,25	0,33	0,29 CDEF
Brise	0,31	0,29	0,30 BCDE
Bojan	0,32	0,28	0,30 BCDE
Vectra F1	0,24	0,36	0,30 BCDE
Castille	0,34	0,27	0,31 BCD
Toccata F1	0,29	0,33	0,31 BCD
ES Saphir F1	0,29	0,33	0,31 BCD
Winner DE	0,29	0,33	0,31 BCD
ES Betty F1	0,35	0,27	0,31 BC
Kronos F1	0,32	0,32	0,32 BC
Kaszub F1z	0,36	0,33	0,35 AB
Nelson F1	0,36	0,36	0,36 A
Baros	0,41	0,35	0,38 A
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}			0,0409

Tabela 4

Indeks porażenia (IP) odmian rzepaku przez *S. sclerotiorum* w doświadczeniach PDO w latach 2008 i 2009 — *Pathogenity index (IP) of winter rapeseed cultivars by S. sclerotiorum infection in PDO trials in 2008 and 2009*

Odmiany Cultivars	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		
	IP 2008	IP 2009	Średnie IP uszeregowane wg testu Duncana <i>IP means ranked according to Duncan test</i>
Taurus F1	0,40	0,70	0,55 P
Libomir	0,49	0,65	0,57 OP
Toccata F1	0,59	0,63	0,62 NOP
Vectra F1	0,56	0,68	0,62 MNOP
Hycolor	0,46	0,77	0,62 MNOP
Brise	0,44	0,82	0,63 LMNO
Cadeli	0,52	0,73	0,63 MNO
Livius	0,56	0,73	0,64 KLMN
Titan F1	0,69	0,68	0,68 JKLM
Remy	0,63	0,73	0,68 JKLMN
NK Fundus F1	0,65	0,75	0,70 IJKL
Nelson F1	0,77	0,63	0,70 IJKL
Viking	0,60	0,80	0,70 IJKL
Herkules F1	0,70	0,73	0,71 HIJK
ES Saphir F1	0,69	0,75	0,72 HIJ
Digger	0,65	0,80	0,73 GHIJ
Wallery	0,70	0,75	0,73 HIJ
Winner	0,57	0,88	0,73 HIJ
Carousel	0,70	0,77	0,74 GHIJ
Kaszub F1z	0,75	0,75	0,75 FGHIJ
Extend F1	0,76	0,73	0,75 GHIJ
Bazył	0,88	0,65	0,76 EFGHI
Dante	0,76	0,80	0,78 DEFGH
Bojan	0,82	0,73	0,78 EFGHI
Kronos F1	0,77	0,77	0,80 CDEFG
Baldur F1	0,82	0,77	0,80 CDEFG
ES Betty F1	0,91	0,73	0,82 BCDEF
Castille	0,89	0,77	0,83 BCDE
Lisek	0,85	0,85	0,85 ABCD
Casor	0,94	0,77	0,86 ABC
Cabriolet	0,88	0,90	0,89 AB
Californium	0,95	0,82	0,89 AB
Baros	0,99	0,82	0,91 A
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}			0,0647

Tabela 5

Indeks porażenia (IP) odmian rzepaku przez *Leptosphaeria* spp. w doświadczeniach PDO dwóch miejscowości: Małyszynie i Borowie — *Pathogenity index (IP) of winter rapeseed cultivars by Leptosphaeria spp. infection in PDO trials in Małyszyn and Borowo*

Odmiany <i>Cultivars</i>	<i>Leptosphaeria</i> spp.		
	IP Małyszyn	IP Borowo	Średnie IP uszeregowane wg testu Duncana <i>IP means ranked according to Duncan test</i>
Livius	0,16	0,24	0,20 K
Viking	0,18	0,22	0,20 JK
Extend F1	0,15	0,27	0,21 IJK
NK Fundus F1	0,20	0,26	0,23 HIJK
Digger	0,20	0,26	0,23 HIJK
Libomir	0,21	0,27	0,24 GHIJK
Remy	0,26	0,22	0,24 GHIJK
Dante	0,20	0,30	0,25 FGHI
Californium	0,22	0,28	0,25 FGHI
Carousel	0,21	0,29	0,25 FGHI
Baldur F1	0,18	0,32	0,25 FGHIJ
Wallery	0,25	0,27	0,26 DEFGH
Taurus F1	0,22	0,30	0,26 EFGH
Cabriolet	0,28	0,26	0,27 CDEFGH
Casor	0,25	0,29	0,27 CDEFGH
Cadeli	0,26	0,30	0,28 CDEFG
Lisek	0,25	0,31	0,28 CDEFGH
Hycolor	0,27	0,28	0,28 CDEFGH
Titan F1	0,28	0,30	0,29 CDEF
Bazył	0,25	0,32	0,29 CDEF
Herkules F1	0,25	0,33	0,29 CDEF
Brise	0,32	0,28	0,30 BCDE
Bojan	0,32	0,28	0,30 BCDE
Vectra F1	0,21	0,39	0,30 BCDE
Castille	0,27	0,34	0,31 BCD
Toccata F1	0,33	0,29	0,31 BCD
ES Saphir F1	0,25	0,36	0,31 BCD
Winner DE	0,26	0,35	0,31 BCD
ES Betty F1	0,30	0,32	0,31 BC
Kronos F1	0,31	0,32	0,32 BC
Kaszub F1z	0,32	0,36	0,35 AB
Nelson F1	0,33	0,39	0,36 A
Baros	0,36	0,40	0,38 A
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}			0,0409

Tabela 6

Indeks porażenia (IP) odmian rzepaku przez *S. sclerotiorum* w doświadczeniach PDO w dwóch miejscowościach: Małyszynie i Borowie — *Pathogenity index IP of winter rapeseed cultivars by S.sclerotiorum infection in PDO trials in Małyszyn and Borowo*

Odmiany Cultivars	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		
	IP Małyszyn	IP Borowo	Średnie IP uszeregowane wg testu Duncana <i>IP means ranked according to Duncan test</i>
Taurus F1	0,55	0,55	0,55 P
Libomir	0,52	0,61	0,57 OP
Toccata F1	0,52	0,69	0,62 NOP
Vectra F1	0,57	0,66	0,62 MNOP
Hycolor	0,57	0,66	0,62 MNOP
Brise	0,40	0,86	0,63 LMNO
Cadeli	0,75	0,50	0,63 MNO
Livius	0,68	0,61	0,64 KLMN
Titan F1	0,80	0,56	0,68 JKLM
Remy	0,65	0,70	0,68 JKLMN
NK Fundus F1	0,60	0,80	0,70 IJKL
Nelson F1	0,77	0,63	0,70 IJKL
Viking	0,57	0,82	0,70 IJKL
Herkules F1	0,75	0,68	0,71 HIJK
ES Saphir F1	0,65	0,79	0,72 HIJ
Digger	0,73	0,73	0,73 GHIJ
Wallery	0,65	0,80	0,73 HIJ
Winner	0,65	0,80	0,73 HIJ
Carousel	0,80	0,68	0,74 GHIJ
Kaszub F1z	0,80	0,70	0,75 FGHIJ
Extend F1	0,70	0,79	0,75 GHIJ
Bazył	0,75	0,77	0,76 EFGHI
Dante	0,85	0,71	0,78 DEFGH
Bojan	0,85	0,70	0,78 EFGHI
Kronos F1	0,82	0,77	0,80 CDEFG
Baldur F1	0,88	0,73	0,80 CDEFG
ES Betty F1	0,88	0,76	0,82 BCDEF
Castille	0,82	0,84	0,83 BCDE
Lisek	0,93	0,77	0,85 ABCD
Casor	0,82	0,89	0,86 ABC
Cabriolet	0,85	0,93	0,89 AB
Californium	0,88	0,90	0,89 AB
Baros	0,90	0,91	0,91 A
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}			0,0647

Dyskusja

Najgroźniejszymi patogenami rzepaku są: *Leptosphaeria* spp. oraz *Sclerotinia sclerotiorum*. Próg ekonomicznej szkodliwości suchej zgnilizny kapustnych wynosi 10–20% roślin porażonych, silniejsze porażenie może powodować straty w plonie nasion do 60%. Natomiast w przypadku zgnilizny twardzikowej próg ten wynosi 1%, a silniejsze porażenie może przyczyniać się do spadku plonu o 20–60% (Gwiazdowski i Korbas, 2005).

Suchą zgniliznę wywołują dwa pokrewne gatunki grzybów: *Leptosphaeria maculans* i *Leptosphaeria biglobosa* (Shoemaker, Brun) (Jędryczka 2004). Stonard i in. (2007) na podstawie czteroletnich badań w Wielkiej Brytanii, korzystając z techniki PCR z odpowiednimi starterami, stwierdzili, że za porażenie roślin w 78% odpowiedzialny jest gatunek *L. maculans*, a w 18% *L. biglobosa*. Naukowcy określili również, że udział *L. biglobosa* jest większy w rejonach północno-wschodnich Wielkiej Brytanii, gdzie występują niższe temperatury. Na podstawie analiz sekwencjonowania DNA ITS-1 przeprowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, w Poznaniu stwierdzono, że w Polsce udział *L. maculans* jest porównywalny do *L. biglobosa* (dane nie opublikowane).

Badanie odporności jest niezwykle ważnym elementem hodowli w kierunku tworzenia nowych odmian. Z tego samego względu istotne jest jednocześnie rozpoznanie polimorfizmu patogena (Godoy i in. 1990, Lee i Taylor 1990, Starzycka i in. 1998, Page i in. 1997, Williams i in. 2001, Freeman i in. 2002). W tej pracy porównano wiele odmian rzepaku w dwóch różnych środowiskach: Małyszynie i Borowie, w latach 2007–2009. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że w badanym okresie najodporniejszymi odmianami na suchą zgniliznę roślin kapustnych były odmiany: Livius, Viking oraz Extend (infekcja na poziomie IP = 0,20). Natomiast niskim stopniem porażenia (IP = 0,55–0,62) przez *S. sclerotiorum* charakteryzowały się odmiany: Taurus, Libomir, Toccata, Hycolor oraz Vectra.

W latach ubiegłych również przeprowadzono badania zdrowotności *B. napus*. W okresie wegetacyjnym 1993/1994 w Borowie, na polu infekcyjnym ze specyficznym mikroklimatem sprawdzano odporność 20 odmian rzepaku ozimego. Wówczas najodporniejszymi odmianami były: Bolko, Discovery i Bor (Starzycki 1998).

Skuteczne w kontrolowaniu suchej zgnilizny kapustnych są geny odporności. Dotychczas opisano dziewięć z nich, a niektóre wprowadzono do rzepaku z pokrewnych rodzin. Z *B. napus* pochodzą geny *Rlm1*, *Rlm2*, *Rlm3*, *Rlm4*, *Rlm7* i *Rlm9* (Ansan-Melayah i in. 1998, Balesdent i in. 2001, Delourme i in. 2004), z *B. junca* *Rlm5* i *Rlm6* (Chevre i in. 1997, Balesdent i in. 2002, 2005), a z *B. rapa* gen *Rlm8* (Balesdent i in. 2002). Stwierdzono, że około 70% izolatów *L. maculans* w Europie należy do rasy Av5-6-7 zawierającej jednocześnie trzy geny awirulencji: *AvrLm5*, *AvrLm6*, *AvrLm7*. Z tego powodu w hodowli odpornościowej rzepaku

należy wykorzystywać geny *Rlm5*, *Rlm6* i *Rlm7*, co powinno wpłynąć na wydłużenie okresu przełamania odporności *B. napus* na suchą zgniliznę roślin kapustnych (Stachowiak 2008).

Patogen *S. sclerotiorum* powodujący zgniliznę twardzikową jest grzybem zdolnym do infekowania co najmniej 408 gatunków z 75 rodzin roślin dwuliścienych (Boland i Hall 1994). Odporność rzepaku na tego patogena jest niestety bardzo mała. Jak wykazano w dwuletnich badaniach większość odmian była porażana silnie lub całkowicie. Niewiele odmian rzepaku wykazywało zadowalający (niski) indeks porażenia. W opracowaniu najodporniejsze w Małyszynie były odmiany: Brise i Libomir (2008) oraz NK Speed, Bazyl i Toccata (2009). Natomiast w Borowie znaczną odpornością cechowały się Elektra i Hycolor, a także Nelson oraz Libomir (2009).

W latach 2001–2003 Starzycka i in. (2004) przeprowadzili także badania sprawdzające odporność rzepaku ozimego na porażenie przez *S. sclerotiorum*. Wówczas po trzech latach przeprowadzanych testów najniższym indeksem porażenia (najwyższą zdrowotnością) odznaczały się: BOH 2600, Bermuda, Capio, Mohican, Mar, Valesca i Bor.

Dużą trudnością w walce z patogenem *S. sclerotiorum* jest nierównomierne funkcjonowanie mechanizmów odpornościowych roślin, gdyż młodsze tkanki szybciej ulegają porażeniu niż starsze (Starzycka i Starzycki 1994). Dlatego w badaniach bardzo ważny jest dobór odpowiedniej metody inokulacji, na przykład zakładanie inokulum w połowie rośliny, w miejscu gdzie najczęściej lokalizują się opadające płatki korony (Starzycka i in. 2004).

Mechanizm odporności *B. napus* na *S. sclerotiorum* jest bardzo złożony. Fu i in. (2007) przy pomocy jasmonianu metylowego, benzotiadiazolu i kwasu szczawowego próbowali indukować odporność pobudzając geny broniące roślinę przed zakażeniem. Po potraktowaniu wyżej wymienionymi substancjami odnotowano znaczne zahamowanie wzrostu mycelium w inokulowanych liściach. Chińscy naukowcy (Fu i in. 2007) sugerują, że mechanizm odporności rzepaku na zgniliznę twardzikową jest związany z aktywacją wielu równocześnie włączonych ścieżek metabolicznych.

O tym, jak poważna w skutkach dla upraw rzepaku jest infekcja *S. sclerotiorum* może świadczyć wprowadzenie w Niemczech modelu prognozującego rozwój zgnilizny twardzikowej, wyznaczający termin zwalczania tego patogena, nazwany — ScleroPro. System ten ocenia regionalne ryzyko występowania choroby poprzez badania występowania podwyższonego stężenia zarodników workowych oraz określa potrzebę chemicznej ochrony na podstawie liczby godzin, w których panują warunki meteorologiczne sprzyjające porażeniu przez *S. sclerotiorum* (Jorg i in. 2006, Koch i in. 2007).

Wnioski

Badania wykazały złożoność problemu związanego z mechanizmem odporności roślin na patogeny pochodzenia grzybowego. Na porażenie rzepaku składa się wiele czynników abiotycznych i biotycznych, w tym ciągle zmieniające się pod wpływem mutacji patotypy o różnej agresywności oraz patogeniczności. Potwierdziły to analizy wariacji, które wykazały duże zróżnicowanie porażenia przez oba patogeny w zależności od środowiska. Taki stan rzeczy nie ułatwia prac w zakresie hodowli odpornościowej, a wyselekcjonowanie odmian odznaczających się stałą i wysoką odpornością na *S. sclerotiorum* i *Leptosphaeria* spp. jest bardzo trudne. Dlatego też konieczne jest systematyczne badanie odporności odmian (zwłaszcza tych nowo kreowanych), a także kontrolowanie zmieniającej się puli genowej patogenów. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane przez hodowców w dalszych pracach nad odpornością rzepaku oraz nad porażeniem powodowanym przez *Leptosphaeria* spp. oraz *S. sclerotiorum*.

Literatura

- Ansan-Melayah D., Balesdant M-H., Delourme R., Pilet M.L., Tanguy X., Renard M., Rouxel T. 1998. Genes for race-specific resistance against blackleg disease in *Brassica napus* L. *Plant Breeding*, 117: 373-378.
- Balesdant M-H., Attard A., Ansan-Melayah D., Delourme R., Renard M., Rouxel T. 2001. Genetic control and host range of avirulence towards *Brassica napus* cultivars Quinta and Jet Neuf in *Leptosphaeria maculans*. *Phytopathology*, 91: 70-76.
- Balesdant M-H., Attard A., Kuhn M-L., Rouxel T. 2002. New avirulence genes in the phytopathogenic fungus *Leptosphaeria maculans*. *Phytopathology*, 92: 1122-1133.
- Balesdant M-H., Barbetti M.J., Li H., Sivasihamparam K., Gout L., Rouxel T. 2005. Analysis of *Leptosphaeria maculans* race structure in a worldwide collections of isolates. *Phytopathology*, 95 (9): 1061-1071.
- Boland G.J., Hall R. 1994. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Plant Pathol.*, 10: 172-177.
- Chevre A.M., Barret P., Eber F., Dupuy P., Brun H., Tanguy X., Renard M. 1997. Selection of stable *Brassica napus* – *B. juncea* recombinant lines resistant to blackleg (*Leptosphaeria maculans*). Identification of molecular markers, chromosomal and genomic origin of the introgression. *Theor. Appl. Genet.*, 95: 1104-1111.
- Delourme R., Pilet-Nayel M.L., Archipiano M., Horvais R., Tanguy X., Rouxel T., Brun H., Renard M., Balesdant M-H. 2004. A cluster of major specific resistance genes to *Leptosphaeria maculans* in *Brassica napus*. *Phytopathology*, 94: 578-583.
- Fu H., Ji R., Hou M., Barbetti M., Dong C., Liu Y., Liu S. 2007. Methyl jasmonate, benzothiadiazole and oxalic acid induce resistance and defence gene expression against *Sclerotinia sclerotiorum* in oilseed rape. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress*, 26-30.03.2007., Wuhan, Chiny, 4: 174-176.

- Freeman J., Ward E., Calderon C., McCartney A. 2002. A polymerase chain reaction (PCR) assay for the detection of inoculum of *Sclerotinia sclerotiorum*. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 877-886.
- Freyssient M., Dumas B., Sailland A., Pepin R., Freyssient G., Pallet K. 1995. Transgenic crops expressing oxalate oxidase as a way to increase resistance to oxalate – producing pathogens. Rapeseed today and tomorrow, 9th International Rapeseed Congress, Cambridge, UK, 4-7 July 1995, 4: 1278-1279.
- Godoy G., Steadman J.R., Dickman M.B., Dam R. 1990. Use of mutants to demonstrate the role of oxalic acid in pathogenicity of *Sclerotinia sclerotiorum* on *Phaseolus vulgaris*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 37: 179-191.
- Gwiązdowski R. 2004. Choroby i ochrona rzepaku ozimego. *Rzepak*: 36-41.
- Gwiązdowski R., Korbas M. 2005. Zwalczanie chorób. W: *Technologia Produkcji Rzepaku*. red. Cz. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda, M. Mrówczyński. *Więś Jutra*, Warszawa: 107-113.
- Jędrzycka M., Lewartowska E., Dakowska S. 1999. Ocena podatności odmian rzepaku jarego na zgniliznę twardzikową. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XX (2): 659-668.
- Jędrzycka M. 2004. Genetyczna i molekularna charakterystyka populacji *Leptosphaeria maculans* i *L. biglobosa* oraz ocena ich chorobotwórczości względem rzepaku w Polsce i na świecie. W: *Genetyka w ulepszaniu roślin użytkowych*, red. P. Krajewski, Z. Zwierzykowski, P. Kachlicki. *Rozprawy i Monografie IGR PAN*, 11: 293-308.
- Johnson R.D., Lewis B.G. 1990. DNA polymorphism in *Leptosphaeria maculans*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 37: 417-424.
- Jorg E., Wójtowicz A., Roehrig M., Kleinhenz B. 2006. Development and application of Inter-based Decision Support System for Plant Protection in Germany and its use for control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary in oilseed rape. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVII (1): 63-69.
- Kachlicki P. 2004. Rola metabolitów wtórnych w interakcji grzyba *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm. i roślin rzepaku (*Brassica napus* L.). *Praca habilitacyjna. Rozprawy i Monografie IGR PAN*.
- Koch E., Badawy H.M.A., Hoppe H. 1989. Differences between aggressive and non-aggressive single spore lines of *Leptosphaeria maculans* in cultural characteristics and phytotoxin production. *J. Phytopathol.*, 124: 52-62.
- Koch S., Dunker S., Kleinhenz B., Rohrig M., Tiedmann A. 2007. SklerPro – a crop loss related forecasting model for chemical control of *Sclerotinia* stem rot in winter oilseed rape in Germany. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress*, 26-30.03.2007, Wuhan, Chiny, 4: 102-105.
- Lee S.B., Taylor J.W. 1990. Isolation of DNA from fungal mycelia and single spores. In: M.A. Innis, D.H. Snasky, T.J. White (eds.), *PCR protocols. A Guide to Methods and Applications*, Academic Press, San Diego, USA: 282-287.
- McGee D.C., Petrie G.A. 1978. Variability of *Leptosphaeria maculans* in relation to blackleg of oilseed rape. *Phytopathology*, 68: 625-630.
- Page D., Delclos B., Aubert G., Bonavent J.F., Mousset-Declas C. 1997. *Sclerotinia* rot resistance in red clover: Identification of RAPD markers using bulked segregant analysis. *Plant Breeding*, 116: 73-78.
- Pierre J-G., Boisleux-Charlet C., Brun H., Penaud A., Vaysse C., Lacombe J-P., Martin D., Regnault Y., Tourvieille de Labrouhe D., Sarrazin J.F. 1990. Techniques de contamination artificielle du colza en station d'essais: 28-29.
- Stachowiak A. 2008. Genetyczna i molekularna charakterystyka populacji grzyba *Leptosphaeria maculans* występujących na terenie Europy. *Praca doktorska IGR PAN*: 149.

- Starzycka E., Starzycki M. 1994. Badania podatności pędów i liści rzepaku ozimego na porażenie przez *Sclerotinia sclerotiorum*. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XV: 83-85.
- Starzycka E., Starzycki M. 1997. Nowa metoda inokulacji roślin rzepaku ozimego patogenem *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XVIII (2): 315-320.
- Starzycka E., Starzycki M., Cichy H., Mikołajczyk K. 1998. Badanie odporności rzepaku ozimego na porażenie przez *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XIX: 493-500.
- Starzycka E., Starzycki M., Cichy H., Cicha A., Budzianowski B., Szachnowska H. 2004. Odporność wybranych odmian rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) na porażenie grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXV: 645- 654.
- Starzycki M. 1998. Badania nad odpornością rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) na patogena *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not./*Phoma lingam* (Thde ex Fr.) Desm., powodującego suchą zgniliznę roślin kapustnych. Praca habilitacyjna. Rozprawy i Monografie IHAR: 27-29.
- Starzycki M., Starzycka E., Pszczoła J. 2003. Badania w hodowli odpornościowej rzepaku – osiągnięcia ostatnich lat. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXIV (2): 363-372.
- Stonard J.F., Gladders P., Latunde-Dada A.O., Evans N., Liu Z., Eckert M., Rossall S., Fitt B.D.L. 2007. Regional variation in UK populations of *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa* (phoma stem cancer) on oilseed rape. Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress, 26-30.03.2007, Wuhan, Chiny, 4: 201-204.
- Weber Z., Karolewski Z. 1993. Podatność odmian i rodów rzepaku ozimego na *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm. w szklarni i wpływ niektórych czynników na występowanie suchej zgnilizny rzepaku w polu. Postępy Nauk Rolniczych, 5: 133-140.
- Williams R.H., Ward E., McCartney H.A. 2001. Methods for integrated air sampling and DNA analysis for the detection of airborne fungal spores. Applied Environment Microbiology, 67: 2453-2459.
- Zamorski Cz. 1984. Materiały do zajęć specjalizacyjnych z fitopatologii. Cz. III. Zasady identyfikacji grzybów patogennych dla roślin. Skrypt SGGW-AR w Warszawie.